Erlangen 1939

Aus der Universitäts-Frauenklinik Erlangen.
Vorstand: Prof. Dr. med. et phil. Hermann Wintz.

Über die Lichtempfindlichkeit von Gonokokken.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen.

vorgelegt von

Wilhelm Weber

aus Nürnberg.

1939

1939 №67

Referent: Prof. Dr. med. et phil. Hermann Wintz.

Dekan: Prof. Dr. med. Richard Greving.

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Dezember 1937.

Inhalt.

1. Einleitung (Geschichtliches zur Lichtbakterizidie).
2. Physikalische Grundlagen der biologischen Lichtwirkung.
   a.) Die Strahlung.
   b.) Absorption.
   c.) Photochemische Reaktionen.
   d.) Biologische Lichtwirkungen.
3. Berichte in der Literatur.
4. Experimenteller Teil.
   a.) Faktoren der biologischen Lichtwirkung.
   b.) Versuchstechnik.
   c.) Untersuchungsergebnisse.
   d.) Besprechung der Ergebnisse.

Anhang: Literatur.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153708_0372

1. Einleitung.

Die Wirkungen sichtbarer und unsichtbarer Lichtstrahlen auf Bakterien stellen schon seit einer langen Reihe von Jahren ein anregendes Teilgebiet der Strahlenbiologie dar. Vor allem die keimtötende Eigenschaft des Lichtes war es, der wir fast zahllose Untersuchungen über die Einwirkung von Strahlen auf den lebenden Organismus verdanken. Welche Bedeutung die chemisch wirksamen Strahlen des Spektrums für die Bakterizidie des Lichtes haben, erkannten zuerst Downes und Blunt (6) im Jahre 1877. Ihre gewissenhaften und ausführlichen Arbeiten stellen das erste grundlegende Ergebnis dar, das immer wieder bestätigt und nach den verschiedensten Richtungen hin ausgebaut worden ist.

Seither ist die wachstumshemmende und bakterientötende Kraft des Lichts in vieler Hinsicht geprüft worden, wenn auch über die feineren Veränderungen der Bakterien sowie ihrer Lebensäußerungen heute noch manche Lücke offen ist. Immerhin haben die Bakterien als strahlenbiologisches Versuchsobjekt eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für unsere Kenntnis, welche Rolle die verschiedenen Arten des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes für die Hygiene einerseits spielen und was für einen therapeutischen Wert wir andererseits davon zu erwarten haben.

Im folgenden soll nun unter Zusammenfassung der in der Literatur bereits vorliegenden Ergebnisse versucht werden, speziell die Lichtempfindlichkeit der Gonokokken zu untersuchen, um dann am Ende der Arbeit eine Reihe eigener Versuche folgen zu lassen, die über das biologische Verhalten von Gonokokken sichtbarer und unsichtbarer Strahlung gegenüber einige Aufschlüsse bringen sollen.

Bevor wir uns nun dem eigentlichen Thema zuwenden, erscheint es notwendig einige Bemerkungen physikalischer Natur vorauszuschicken, da gerade die Kenntnis von dem Primärgeschehen im weiteren Sinne die ökonomische und verständnisvolle Anwendung von Strahlen in hohem Maße zu fördern berufen ist.

2. Physikalische Grundlagen der biologischen Lichtwirkung.

a.) Die Strahlung.

Es erhebt sich zuerst die Frage: Was haben wir uns unter Strahlung vorzustellen? Nach den heute gültigen Anschauungen lautet die Antwort: Strahlung ist eine Energieform, die uns in zweierlei

Art entgegentritt, und zwar handelt es sich nach der Maxwell'schen elektromagnetischen Lichtwellentheorie um elektromagnetische transversale Schwingungen des Äthers, die sich mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/sec fortbewegen. Zu diesen gehören die Strahlen des optischen Lichts sowie die Röntgenstrahlen. Die andere Energieform die uns in der Strahlung entgegentritt, ist die Korpuskularstrahlung, die vor allem durch die α- und β-Strahlung des Radiums und die Kathodenstrahlung vertreten wird, die jedoch in unserem Zusammenhang nur von untergeordneter Bedeutung ist. Die von Planck (24) aufgestellte Quantentheorie hat unsere Anschauungen in dieser Hinsicht noch wesentlich modifiziert.

Die gesamte, bis heute erforschte elektromagnetische Strahlung umfaßt ein Gebiet der Wellenlängen von 10^8—10^{-9} mm (Abb.),

10^8	10^0 1 mm	10^{-3},	10^{-5},	10^{-7},	10^{-8},			10^{-9}
Bereich der elektr. Wellen	Ultrarot	sichtb. Str.	UV.-Strahlg.	Überw.-Rö.-Str.	weiche	mittelharte	harte	γ-Strlg. d. Radium

wobei wir die Wellenlängen von 10^8—1 mm dem Bereich der elektrischen Wellen zurechnen. An diesen anschließend folgt der ultrarote Bezirk bis etwa 10^{-3} während sich der sichtbare Strahlenabschnitt auf die Wellenlängen zwischen 810—395 $\mu\mu$ beschränkt. Dem ultravioletten Strahlenabschnitt fallen sodann die Wellenlängen bis zu 200 $\mu\mu$ zu. Wellenlängen von 2—0,01 Å.E. rechnen wir zu den Röntgenstrahlen (1 Å.E. ist 10^{-7} mm) und bis 10^{-9} gehören die Wellenlängen der γ-Strahlung des Radiums an.

b.) Absorption.

Ein weiterer notwendiger Begriff ist der der Absorption. Die Wirkung der Absorption kann sein chemisch, physikalisch oder physiologisch (Reiz). Am besten erforscht und studiert ist wohl die chemische Wirkung, deren erste grundlegende Erkenntnisse auf Grotthus (11) und Draper (8) zurückgehen. Beide stellten unabhängig voneinander das Gesetz auf: „Damit Licht chemisch wirksam sein kann, muß es absorbiert werden". Es ist jedoch dabei nicht notwendig, daß chemische Umsetzungen dabei entstehen, es kann auch das Licht in Wärme transformiert werden.

Die Aufstellung der bereits erwähnten Planckschen Quantentheorie (24) gestattete die Erzielung weiterer grundsätzlicher Fort-

schritte. So bildeten insbesondere die Anschauungen der quantenhaften Absorption des Lichts, sowie der Ausbau der Bohr'schen Atomtheorie (2) die Grundlagen zu unseren heutigen Kenntnissen und Vorstellungen. Sie diente vor allem auch dazu Schwierigkeiten, die namentlich auf energetischem Gebiet sich bemerkbar machten, zu beseitigen, wenn auch die elektromagnetische Schwingungstheorie eine Zusammenfassung der verschiedenen Naturerscheinungen unter einen physikalischen Begriff erlaubte. Nach der Planck'schen Theorie gibt es für die Strahlungsenergie, ebenso wie für die Materie und die Elektrizität kleinste Teile oder Quanten. Man stellt sich nun die Auswirkung der Strahlenenergie bei optischem Licht so vor, daß durch ein vom Atom aufgenommenes Quant ein Elektron der äußeren Schale von seiner Bahn auf eine höhere, vom Kern weiter entfernte Bahn gehoben wird. Wird dagegen ein Elektron völlig aus dem Bereich des Atoms als sog. Photoelektron herausgeworfen, so spricht man von Ionisation. Die Energie eines solchen elementaren Wirkungsquants ist nach Planck-Einstein $\nu = 6 \times 55 \times 10^{-27}$ Erg. sec. Die Energie eines Lichtquants ist nun h mal Schwingungsfrequenz ν. Da aber nicht die Schwingungsfrequenz, sondern die Wellenlänge als Charakteristikum der Strahlung gebräuchlich ist, so haben wir in oben stehende Gleichung an Stelle von υ die Wellenlänge λ einzusetzen. Die Gleichung lautet dann: $\nu = \frac{c}{\lambda}$ Folglich ist die Energie eines Lichtquants $E = \frac{h : c}{\lambda}$.

Hieraus ergibt sich der Satz: Der Energiegehalt einer Strahlung wird auf Grund der Quantentheorie bestimmt durch die Größe h und die Wellenlänge der Strahlung und zwar sind Wellenlänge und Energie (Quantengröße) reziproke Größen, d. h. nimmt die Wellenlänge ab, so wächst die Energie der Strahlung an.

Die Bedeutung dieser aufgestellten Beziehung liegt, wie das experimentelle Ergebnis bestätigt, darin, daß man aus der Größe der Wellenlängen einer Strahlungsart Schlüsse auf ihre Wirkungsmöglichkeit ziehen kann, allerdings nur soweit, als die Quantenenergieen überhaupt zu photochemischen Veränderungen imstande sind.

Für den Bereich der Röntgenstrahlen trifft nun allerdings dieser Satz nicht ohne weiteres zu. Da nämlich ein Röntgenquant schon relativ großer Wellenlänge etwa die 10 000 fache Energie eines optischen Quants besitzt, reicht dieses schon aus um weitgehende Veränderungen in der Materie hervorzurufen. Aus diesem Grund kann die Absorption atomar erfolgen, und zwar wegen der vielfach größeren Energie in den kernnahen Elektronenschalen des Atoms. Durch die Aufnahme eines Röntgenquants wird ein Elektron aus einer mehr zentralen Schale gelöst. Dabei wird der Überschuß über die bei der

Ablösearbeit verbrauchten Energie auf das Elektron als kinetische Energie umgesetzt. Auch hier resultiert, ähnlich wie bei der optischen Absorption ein angeregtes oder ionisiertes Atom.

Erwähnt muß in diesem Zusammenhang werden, daß die Quantentheorie der Atome seit der Entdeckung der Welleneigenschaften des Elektrons im Jahr 1925 noch eine wesentliche Änderung erfahren hat. Seit der Vorstellung der Welleneigenschaft des Elektrons dürfen wir uns dieses bei der Bewegung in außerordentlich kleinen Gebilden nicht mehr als Teilchen vorstellen, dessen Bahn im einzelnen verfolgbar ist. In der Verschmelzung der älteren Atomtheorie mit der Wellenauffassung wird das Atom ein Gebilde, indem sich das Elektron inbezug auf den Kern mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit in jedem Abstand befinden kann. Maßgebend ist nunmehr lediglich die mittlere Dichteverteilung der Elektronenladung geworden, die der genannten Wahrscheinlichkeit entspricht. Immerhin bleibt es aber auch mit diesem Verzicht in dieser modernen Atomtheorie möglich auf alle diese Fragen eine entsprechende Antwort zu erteilen (7).

c.) Photochemische Reaktionen.

Bei der Auswirkung photochemischer Prozesse haben wir zwei Möglichkeiten zu unterscheiden. Die erste Möglichkeit besteht darin, daß eine Dissoziation eines absorbierenden Moleküls bei der Aufnahme eines Quants erfolgt. Hierher gehört auch der Fall, daß eine primäre Spaltung des Atoms oder Moleküls in Elektron oder Ion eintritt. Diese Ionisation trifft, wie Lind (18) zeigte, namentlich bei Stoßprozessen häufig zu. Die andere, bedeutend häufigere Möglichkeit ist, wie spektroskopisch nachgewiesen werden kann, daß die Energieübertragung zu angeregten Atomen führt, die nur durch Zusammenstoß mit anderen Atomen zum Zerfall gebracht werden. Ist die Anregungsenergie kleiner, als die Spaltungsarbeit, so muß, um einen Zerfall des Atoms herbeizuführen, die Differenz aus der kinetischen Energie des Stoßpartners erreicht werden (30).

Rein chemische Möglichkeiten sind dann noch Isomerisation, Polymerisation, Oxydation und Reduktion, Photolysen und Synthesen (23).

Besondere Beachtung verdient hier noch wegen des kolloidalen Milieus unseres Versuchsobjektes das photochemische Verhalten von Kolloiden (9). Wir nehmen an, daß der elektrische Ladungszustand der Teilchen einer kolloiden Dispersion eine charakteristische Eigenschaft ist, sind aber im allgemeinen noch recht wenig über das Problem unterrichtet.

Der elektrische Ladungszustand der Kolloidteilchen ist bestimmend für den Dispersitätsgrad. Werden auf irgend eine Weise diese

Teilchenladungen eines Sols neutralisiert, so verringert sich der Dispersitätsgrad als Folgeerscheinung der jetzt zur Wirkung gelangenden Kohäsionskraft. Die Koagulation von Kolloiden, der höchste Grad der Dispersitätsverminderung, durch Licht ist besonders an Eiweißkörpern studiert worden. So berichtet Bovie (3) von einer Eiweißkoagulation durch ultraviolettes Licht, auch wenn durch Kühlung mit Eiswasser jegliche Wärmewirkung ausgeschaltet wurde.

Hingewiesen sei hier noch auf die Beziehungen von Dispersitätsgrad und Absorption. Es liegt auf der Hand, daß Absorptionsveränderungen unter Umständen ganz bedeutende Veränderungen der lichtchemischen Prozesse zur Folge haben können.

d.) Biologische Lichtwirkungen.

Nachdem wir nun in äußerster Kürze die Strahlung vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet haben, wollen wir uns schließlich noch über die Frage auseinandersetzen, wie wir uns die Lichtwirkung auf das biologische Objekt vorzustellen haben. Die Anwendung der in obigen Abschnitten geschilderten physikalischen und chemischen Verhältnisse auf die Vorgänge der belebten Natur ist ziemlich schwierig. Handelt es sich doch beim biologischen Objekt wegen seines heterogenen Aufbaues um ungleich kompliziertere Verhältnisse, als bei chemischen Substanzen und Lösungen. Das Material zwar, das uns aus den verschiedenen Gebieten der Biologie zur Verfügung steht, ist reichhaltig zu nennen, doch ist in vielen Fällen ein Zusammenhang schwer zu konstruieren, das verbindende Gerüst fehlt fast noch überall. Wir dürfen heute mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Licht in der Eiweißstruktur des Protoplasmas der Mikroorganismen Veränderungen hervorruft, die die Schädigung bzw. den Tod der betreffenden Keime hervorrufen. Unabhängig von der angewandten Strahlenart tritt nämlich auf wirksame Bestrahlung eine Denaturierung des Eiweißes ein, das rein äußerlich genau so aussieht, wie das bekannte Wärmekoagulat, doch besteht der Unterschied darin, daß das Strahlenkoagulat im Gegensatz zum Wärmekoagulat irreversibel ausfällt (29).

Ein anderer Faktor, mit dem wir uns beschäftigen müssen, ist die Veränderung des Dispersitätsgrades bei Kolloiden, mit denen wir es ja in der lebenden Materie zu tun haben. Es wurde bereits erwähnt, daß der Einfluß einer Strahlung auf kolloide Dispersionen in einer direkten Beeinflussung des physikalischen Zustandes durch Veränderungen der Teilchenladungen bestehen kann. Es liegt nun nahe diesen Vorgang überhaupt als Grundprozeß strahlenbiologischer Wirksamkeit in einer Zelle anzusehen. Zahlreiche Forscher haben auf diese Zusammenhänge hingewiesen.

Fassen wir noch einmal zusammen, so ergibt sich folgendes Bild: Die Wirkung der absorbierten Strahlung besteht aus zwei Faktoren. Es können rein photochemische Reaktionen auftreten, die zur Denaturierung des Eiweißes führen. Neben diesen Faktor tritt sodann die unmittelbare Beeinflussung des Dispersitätsgrades der Kolloide durch Veränderungen der Teilchenladungen.

Welcher von diesen Faktoren in der Natur bei jedem strahlenbiologischen Geschehen der maßgebende ist, oder ob vielleicht beide in gleicher Weise beteiligt sind, kann nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse noch nicht einwandfrei entschieden werden, wie wir überhaupt zugestehen müssen, daß trotz aller Forschungsarbeit unser Wissen um das Primärgeschehen der biologischen Strahlenwirkung den Rahmen einer mehr oder minder gut begründeten Hypothese noch nicht überschreitet.

3. Berichte in der Literatur.

So reichhaltige Untersuchungen über die Lichtempfindlichkeit der Bakterien allgemein vorliegen, so sehr fehlt es an Arbeiten, die uns bei der Prüfung der Lichtempfindlichkeit der Gonokokken speziell zur Verfügung stehen. Daß aber die Ergebnisse über Lichtbakterizidie nicht für alle Bakterienarten in vollem Umfange zutreffen, ist ja bekannt. Schon Larsen [1900] (17) fand die außerordentliche Verschiedenheit des Verhaltens der Bakterien gegenüber dem Licht und betonte, daß sie sogar sehr nahe stehende Arten in nicht unerheblichem Maße aufwiesen.

Bie (1), der Bakterizidieversuche mit zerlegtem Spektrum vornahm, fand, daß grüne Strahlen eine hemmende, blaue rote und vor allem aber ultraviolette Strahlen eine ganz besonders keimtötende Wirkung auszuüben vermögen. Er untersuchte alle Strahlen des Spektrums außer ultrarot und fand, daß von den roten Strahlen an alle die Bakterienentwicklung hemmen, jedoch mit graduellen Unterschieden. Über zahlreiche ähnliche Ergebnisse berichten auch andere Forscher, während andererseits Solignac (28) auf Grund seiner Versuche mit einer 1000-Watt Lampe feststellte, daß das Licht allein auf die Bakterien keine hemmende Wirkung ausübe, wenn die ultravioletten Strahlen ferngehalten würden.

Olivi (21) experimentierte mit Sonnenlicht und mit diffusem Tageslicht und fand, daß nach fünf minutiger Bestrahlung von Gonokokken neben anderen Kulturen ihre Reproduktionsfähigkeit sogar gesteigert erschien, während in Hinsicht auf Morphologie und Färbbarkeit keine wesentliche Beeinflussung festgestellt werden konnte.

Eine höhere Wirksamkeit von ultravioletten Strahlen, die bei fast allen derartigen Arbeiten hervorgehoben wird, erklärt sich aus

der Tatsache, daß ultraviolette Strahlen auch von farblosen Medien absorbiert werden, wie es ja Bakterien in der Mehrzahl sind.

Von besonderem Interesse erscheinen die Arbeiten mit Thorium X an Gonokokken, die die biologische Wirksamkeit der α- und β-Strahlen nachweisen sollten. Während Plesch, Hirschfeld, Meidner (16) trotz Anwendung hoher Aktivitäten keine nennenswerte Wirkung erzielen konnten, berichten Schwarz und Zehner (16) von einer sicheren Beeinflussung des Gonokokkenwachstums. Auch Kuznitzky (16) konnte bei Anwendung einer einwandfreien Versuchsanordnung eine deutliche Schädigung für ausgekeimte Gonokokken nachweisen. Das gegensätzliche Resultat obiger Forscher führt er auf eine fehlerhafte Versuchsanordnung zurück. Auch brachte er den Nachweis, daß nur die α- und nicht die β- und γ Strahlen der in Thorium X enthaltenen Zerfallsprodukte die Ursache der Bakterizidie sind. Auch Bestrahlungen mit ganz geringen Dosen führten bereits Schädigungen der Gonokokken herbei.

Über Röntgenbestrahlungen von Gonokokkenkulturen berichten Cohn und Levy-Dorn (5). Es wurden 25 Stämme verschiedenen Kulturalters bestrahlt und zwar in 12 Fällen unter einem Kupferfilter von 0,6 mm bis zu 3% der HED. In 13 Fällen erfolgte die Bestrahlung ohne Filter. Die Bestrahlungsstärke erreichte dabei etwa 37% der HED. Die Spannung betrug überall 180 kV, der Fokus-Plattenabstand betrug 20 cm. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß Gonokokken, ähnlich vielen anderen Mikroorganismen, gegen harte Röntgenstrahlen ungemein wenig empfindlich sind. Bemerkenswert erscheint außerdem, daß bei ihren Versuchen ein Stamm beobachtet wurde, dessen biologisches Verhalten gegenüber den Strahlen sich von den anderen Gonokokkenstämmen deutlich unterschied.

Im Gegensatz hierzu berichtet von einer stark bakteriziden Wirkung von Röntgenstrahlen Trillat (31). Er erreichte diese durch Bestrahlung mit einer Weichstrahlröhre mit Chromantikathode. Er arbeitete dabei mit hoher Stromstärke (13 mA) bei geringer Spannung (40 kV). Von ähnlichen Ergebnissen berichten auch Klövekorn-Gärtner (13) und Schepmann-Flecke (25) ebenfalls unter Anwendung möglichst weicher Strahlen.

Erwähnt zu werden verdient schließlich in diesem Zusammenhang, daß Krause (14) noch im Jahr 1922 sagte, Bakterien seien durch Röntgenlicht überhaupt nicht zu beeinflussen und alle gegenteiligen Veröffentlichungen beruhten nach seiner Ansicht auf Nichtbeachtung von Versuchsfehlern. Heute darf aber wohl diese Auffassung als irrig bezeichnet werden. Man verwendete eben vielfach zu harte Strahlengemische und zu geringe Dosen.

Die verhältnismäßig geringe biologische Wirkung von Röntgenstrahlen auf einzellige Lebewesen läßt sich nach der Ansicht

Schneiders (26) dadurch erklären, daß das einzellige Lebewesen viel weitgehender unabhängig ist von dem umgebenden Milieu als die Zelle im geschlossenen Zellverband. Somit wird der Hauptangriffspunkt der Röntgenstrahlen, das die Zelle umgebende Medium in diesem Falle ohne Bedeutung.

Wenn zwar nicht geleugnet werden kann, daß die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen den Bakterien gegenüber weit geringer ist, als einem Zellverband gegenüber, so können wir doch sicher annehmen, daß ihnen bei geeigneter Anwendung auch eine hohe bakterizide Kraft innewohnt. Daher konnte es auch nicht ausbleiben, daß diese Versuche zu therapeutischen Maßnahmen ermunterten. Freilich müssen wir zugestehen, daß bei der in der Therapie geübten Strahlentechnik eine Abtötung der Bakterien sich nicht nachweisen läßt, wenn auch auf der anderen Seite die Möglichkeit einer Bakterienschädigung zugegeben werden muß. Es liegen daher mehrere Erklärungen vor (u. a. Schneider (26)), um die klinischen Erfolge dem Verständnis näher zu bringen. Da also zum mindesten damit zu rechnen ist, daß bei der Heilung die bakterizide Lichtwirkung wenigstens ein beteiligter Faktor ist, so dürfte wohl auch hier eine kurze Erwähnung der in der Therapie der Gonorrhoe angewandten lichttherapeutischen Maßnahmen berechtigt sein.

Schönhof (27) bestrahlte alte Gonorrhoe mit kleinen Röntgendosen und berichtet von einer ausgezeichneten schmerzlindernden Wirkung und einem rapiden Zurückgehen der entzündlichen Tumoren. Auch Monacelli (19) glaubt nicht auf die Röntgenstrahlen verzichten zu können bei der Behandlung der Gonorrhoe. Außerdem erwähnt er gute Resultate bei den Komplikationen der weiblichen Gonorrhoe in der Urethra und den Adnexen durch infrarote Strahlen. Wie weit hier allerdings u. a. auch der Wärmefaktor eine Rolle spielt, kann hier nicht entschieden werden.

Von guten Erfolgen bei der Gonorrhoe berichtet Flaskamp (10) mit der von Wintz konstruierten Scheidenstrahllampe. Es handelt sich dabei um eine kleine Wolframdrahtlampe von großer Lichtintensität, die auf ein Glasrohr aufmontiert, leicht in die Scheide eingeführt werden kann. Die Möglichkeit einer kontinuierlichen Wasserumspülung schützt vor zu großer Erwärmung, sodaß hier als wirksames Prinzip die Lichtbehandlung in den Vordergrund tritt. Immerhin ließen sich aber auch hier in der Scheide und im Mastdarm Temperaturerhöhungen um 1 Grad nicht vermeiden.

Auch die von Seitz (10) beschriebene Scheidenheizlampe dürfte nicht als reiner Wärmestrahler angesehen werden, da sie auch geringe Mengen einer Lichtwärmestrahlung aussendet.

Eine verhältnismäßig gute Penetrationsfähigkeit durch die Schleimhaut wird den ultravioletten Strahlen zugeschrieben (Land-

ecker, Matteucci (4)). Aus diesem Grund wird ihre Heilwirkung bei Gonorrhoe teils durch die äußere Haut, teils durch die Scheide empfohlen. Wintz hat für diesen Zweck der Scheidenbestrahlung eine Anzahl eigener Specula beschrieben. Die für die Bachsche Höhensonne und die Kromayerlampe angegebenen Zusatzgeräte (Wintz) beabsichtigen ultraviolette Strahlen in der Scheide zur Wirkung zu bringen. Hierher zu rechnen wäre schließlich noch die Landeckerlampe, die in ihrer Wirkung eine Strahlenkombination von sichtbaren-, Wärme- und Ultravioletten-strahlen darstellt.

Bucura (4) empfiehlt endlich auch die Anwendung von Sonnenstrahlen, wenigstens in Gegenden, wo genügend intensive Strahlung zur Verfügung steht.

Ganz allgemein läßt sich auf Grund der in der Literatur gegebenen Berichte sagen, daß Gonokokken gegen Strahlung, namentlich des sichtbaren Lichts, außerordentlich resistent sind. Eine Ausnahme machten lediglich die α-Strahlen des Thoriums X, von denen schon geringe Mengen zur Vernichtung der Keime ausreichten. Außerdem ließen sich Erfolge erzielen mit Röntgenstrahlen und UV-Strahlen, doch waren bei diesen meist schon recht beträchtliche Dosen notwendig, um eine deutlich sichtbare Schädigung feststellen zu können.

Die günstige Wirkung der in der Therapie der Gonorrhoe verwendeten Strahlenquellen erklärt sich wohl durch eine primär erzeugte Veränderung des die Gonokokken umgebenden Milieus. Die durch die anderen Lebensbedingungen stark geschädigten Keime fallen dann der an sich schwachen Wirkung des Lichtes zum Opfer.

4. Experimenteller Teil.

Die überwiegende Mehrzahl aller bisherigen Untersuchungen an Bakterien beschränkte sich einerseits darauf bei den jeweiligen Untersuchungen nur einen kleinen Strahlenabschnitt des Spektrums heranzuziehen, andererseits bezog man vielfach die an der einen oder anderen Bakterienart gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf die Bakterien allgemein. Es wurde jedoch bereits darauf hingewiesen, daß es nicht ohne weiteres angängig ist, solche Gesetzmäßigkeiten für alle Bakterienarten gemeinsam aufzustellen. Es erscheint daher berechtigt im folgenden die biologische Wirksamkeit der gesamten Lichtstrahlung, zu der wir auch die Röntgen- und Radiumstrahlen zählen dürfen, speziell an Gonokokken zu untersuchen.

a.) Faktoren der biologischen Lichtwirkung.

Da die Wirkung der Strahlen von einer Reihe verschiedener biologischer und physikalischer Faktoren abhängt, soll auf diese zum

Verständnis der Zusammenhänge kurz hingewiesen werden. Nach den Gesetzen der Dispersion des Lichts verhalten sich die Intensitäten eines Lichtstrahls an verschiedenen Punkten, wie das Quadrat ihrer Abstände von der Lichtquelle. Nach der Bunsen-Roscoeschen Reziprozitätsregel wird bei verschiedener Lichtintensität die gleiche Dosis durch die reziproken Werte der Zeit erreicht. Die Dosis ist also gleich dem Produkt aus Intensität und Zeit. Hat aber die Intensität des Lichts unabhängig von der Dosis eine besondere Bedeutung, insofern sehr schwache Lichtintensitäten unverhältnismäßig lange Expositionszeiten brauchen zu derselben Wirkung, wie sehr starke Lichtintensitäten bei verhältnismäßig kurzen Belichtungen, so steigt der Einfluß der Lichtintensität mit einem gewissen Exponenten (Schwarzschild'scher Exponent). Nach diesen Schwarzschild'schen Exponenten werden physikalische Intensitätsdifferenzen von 1 : 16 biologisch wie solche von 1 : 21 wirken. Man ersieht daraus, daß selbst bei einer punktförmigen Lichtquelle das Dispersionsgesetz nicht ohne Einschränkung gilt.

Weiterhin ist nach Hackradt (12) die biologische Wirksamkeit eines Lichtquants proportional dem Cosinus des Einfallswinkels. Wahrscheinlich läßt sich auch das Gesetz von Bergonié-Tribondeau von der Abnahme der Schädigungswirkung mit der fortschreitenden Entwicklung im Genauen auf die Bakterien übertragen. Weiter ist die Wirkung abhängig von der Größe der Absorption in dem bestrahlten Körper. Der Bruchteil der auffallenden Energie, der vom bestrahlten Körper absorbiert wird, ist je nach der Wellenlänge verschieden. Auf den nicht unwesentlichen Einfluß der Temperatur sowie das Kulturalter wiesen Pauli und Sulger (29) und Korb (13) hin. Daß endlich die Zusammensetzung des Nährbodens von Bedeutung ist, leuchtet namentlich bei Versuchen mit Gonokokken ein.

Man ersieht aus der großen Anzahl von Faktoren, von denen die Lichtwirkung abhängt, daß man nur dann vergleichbare und reproduzierbare Versuchsergebnisse bekommt, wenn man alle diese Momente nach Möglichkeit berücksichtigt und damit wenigstens einen Teil der an sich nicht zu umgehenden Fehlerquellen ausschaltet.

b.) Versuchstechnik.

Zur Züchtung der Gonokokken diente Fleischwasserpeptonagar mit einer pH von 7,3—7,35, dem auf je 5 ccm etwa 2 ccm Blutwasser zugesetzt war. Die Kulturen brauchten zu ihrem Wachstum in Petrischalen 24 Stunden, nach welcher Zeit sie jeweils zur Bestrahlung kamen. Beimpft wurden die Platten in der Weise, daß 5 Stämme in etwa 1 cm Abstand voneinander in langen Strichen über die ganze

Platte ausgestrichen wurden. Bei der Bestrahlung wurde dann die eine Hälfte der Schale jeweils im rechten Winkel zu den ausgestrichenen Kulturen abgedeckt. Dieses Verfahren hatte den Vorteil verschiedene Stämme unter völlig gleichen Bedingungen wachsen zu sehen. Gleichzeitig konnte man sehr leicht eventuelle Unterschiede im Verhalten der Stämme einerseits und der bestrahlten und unbestrahlten Hälfte andererseits feststellen. Bis zur Bestrahlung blieben die beimpften Platten bei Zimmertemperatur längstens 4 Stunden stehen, sodaß in jedem Fall frisch anwachsende Kulturen zur Bestrahlung kamen. Um Verunreinigungen zu vermeiden, wurden die Schalen bei Bestrahlungen jeweils senkrecht gestellt, wobei der Deckel abgenommen wurde. Bei allen Versuchen sollte eine Wärmewirkung, besonders wegen der hohen Labilität der Gonokokken gegenüber höheren Temperaturen, möglichst vermieden werden. Aus diesem Grunde wurde zu allen Bestrahlungen ein Temperaturgebiet ausgewählt, das ohne jeden Einfluß auf die Bakterien ist. Es war dies in den meisten Fällen eine Temperatur von 25°. Um Temperaturerhöhungen während den Bestrahlungen sicher zu vermeiden, wurde zuvor jeweils in einem Blindversuch die Entfernung festgestellt, in der keine Temperaturerhöhung mehr in der gewünschten Bestrahlungszeit eintrat. Der Einfallswinkel betrug in jedem Fall 90°.

b.) Untersuchungsergebnisse.

Zunächst wurde eine Serie von 5 Platten mit je 5 Stämmen zur Bestrahlung mit langwelligem Rotlicht aufgelegt. Als Strahlenquelle diente dabei eine Neon-Rotlichtlampe, wie sie in der Therapie benützt wird. Die ersten Bestrahlungszeiten von 1 Minute bis 15 Minuten in 1 m Abstand zeigten keinerlei sichtbares Ergebnis. Dieser Umstand gab Anlaß es mit einer 2. Serie von 5 Platten zu versuchen. Durch Verkleinerung des Abstandes von 1 m auf 50 cm und die Steigerung der Belichtungszeit von 15 Minuten auf 30 bis 120 Minuten wurde ein Vielfaches der bisherigen Dosis erreicht. Hier konnte lediglich ein etwas verzögertes Wachstum aller Kulturen festgestellt werden. Diese Tatsache soll jedoch nicht als Erfolg gebucht werden, denn solche doch immerhin geringe Änderungen sind wohl mehr in Züchtungsschwierigkeiten begründet. Erwähnt sei hier nur die große Empfindlichkeit der Gonokokken gegenüber der Austrocknung, an den bei dem langen Aufenthalt an freier trockener Luft wohl gedacht werden muß. Morphologisch und färberisch ließ sich eine Veränderung nicht nachweisen. Rotlicht Neon-Lampe

Auf dieses Ergebnis hin wurden keine neuen Versuche mehr mit Rotlicht unternommen, sondern zu kurzwelligerem Licht übergegangen. Zu den neuen Versuchen diente eine 300 Watt Solluxlampe. Sollux-Lampe

Im Abstand von 50 cm zeigten sich im Blindversuch keine Temperaturerhöhungen mehr. Die Bestrahlungszeiten lagen hier zwischen 15 Minuten und 30 Minuten bei oben genanntem Abstand. Um der Gefahr der Austrocknung zu begegnen, wurden schließlich noch Bestrahlungen bei geschlossenen Schalen vorgenommen. Der Abstand betrug dabei 15 cm, wobei zur Ausschaltung der Wärme eine optisch einwandfreie Cuvette mit Wasser in den Strahlengang eingeschaltet wurde. Die Belichtungszeiten betrugen hier 40, 50 und 60 Minuten. In keinem Falle konnte jedoch eine nennenswerte Abweichung im Wachstum gegenüber den abgedeckten Teilen der Kultur festgestellt werden. In 2 Fällen wurden schließlich noch 24 Stunden alte Kulturen bestrahlt mit 20 und 30 Minuten in einem Abstand von 30 cm. Nach der Abimpfung konnte auch in diesem Fall beim Wachstum kein Unterschied gegen die unbestrahlte Abimpfung nachgewiesen werden.

ogenlicht upiter-Lampe)

Nachdem auch dieses Ergebnis völlig negativ ausgefallen war, sollte eine 3. Lichtquelle herangezogen werden. Dazu war eine Jupiter-Kohlenbogenlampe ausersehen mit einem Energieverbrauch von 300 Watt. Zunächst gelangten wieder 5 Platten mit je 5 Kulturstämmen zur Bestrahlung, wobei ein Abstand von 100 cm zur Vermeidung von Wärmewirkung eingehalten werden mußte. Die Bestrahlungszeiten wurden von 5 Minuten bis 30 Minuten gesteigert. Dabei zeigten die Kulturen mit Bestrahlungszeiten über 20 Minuten ein schwach gehemmtes Wachstum. Dieser Umstand ermutigte zu weiteren Versuchen. Im Abstand von 50 cm wurde bei wagrecht stehender, geschlossener Schale mit Zeiten bis zu einer Stunde bestrahlt. Die Schalen standen dabei in einer Wanne mit fließendem Wasser von 15^0. Auf eine exakte Temperaturmessung im Inneren der Schalen mußte hier aus praktischen Gründen verzichtet werden. In allen diesen Fällen ließ sich ein geringes Zurückbleiben der bestrahlten Teile bemerken, ohne daß jedoch ein Unterschied zwischen den verschiedenen Zeiten hätte festgestellt werden können.

ageslicht (diffus)

Ein neuerlicher Versuch sollte mit Tageslicht unternommen werden. Da wegen einer Unterbrechung der Arbeit die alten Kulturen zugrunde gegangen waren, wurden für die folgenden Versuche 5 neue Stämme aus Gonokokkeneiter gezüchtet.

Die im Brutschrank senkrecht in der Nähe der Glastüre während 10 Stunden des Tages aufgestellten Kulturen zeigten keinen sichtbaren Unterschied im Wachstum gegenüber den in völligem Dunkel gewachsenen Keimen.

onnen-strahlen

Endlich wurde dazu übergegangen in Anlehnung an die von Meader (20) gemachten Versuche mit Staphylokokken, die Kulturen dem direkten Sonnenlicht auszusetzen. Die Bestrahlungen wurden vorgenommen am 14.—18. August bei klarem Himmel zwischen

12 und 14 Uhr am offenen Fenster. Die Schalen waren senkrecht zum Einfallswinkel der Sonne aufgestellt und befanden sich in einer Wanne, die mit fließendem Wasser von 15^0 durchspült war. Hier ließ sich eine Temperaturerhöhung von 5^0 bei 30 Minuten Bestrahlungszeit auf der Oberfläche des Nährbodens nicht vermeiden. Die Bestrahlungszeiten betrugen 5, 10, 20 und 30 Minuten. Auch diese Bestrahlung zeigte im Gegensatz zu Meaders (20) Arbeiten kein deutliches Ergebnis. Lediglich die mit 30 Minuten bestrahlte Kultur zeigte eine mäßige Hemmung in ihrem Wachstum, doch setzte sich diese nicht deutlich gegen die abgedeckte Hälfte ab, sodaß auch dieses Resultat nicht als Erfolg gebucht werden kann. Um schließlich doch zu einem Erfolg zu kommen, mußte zu den nicht mehr sichtbaren kurzwelligeren Strahlen übergegangen werden. Zu diesem Zwecke wurde zuerst eine Quecksilberdampflampe „Original Hanau" herangezogen. Brenner: Typ „Bach" für 220 V.

Ultraviolett-Licht

Die erste Serie von 6 Schalen wurde in einem Brenner-Plattenabstand von 100 cm aufgelegt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 1 und 30 Minuten bei gleichbleibender Temperatur des Nährbodens von 26^0.

Schon der erste Versuch mit der UV-Strahlung ergab einen deutlichen Erfolg. Bei einer Bestrahlung von einer Minute bestand noch ungehemmtes Wachstum. Doch bei 5 Minuten war schon eine Hemmung zu erkennen. Von 10 Minuten ab zeigte sich eine ganz deutliche Abgrenzung gegenüber den abgedeckten Teilen der Kulturen. Eine Abtötung ließ sich allerdings auch bei 30 Minuten noch nicht erzielen, es bestand auch hier, wie bei 20 Minuten eine starke Wachstumshemmung. Im folgenden wurde eine Reihe dieser Versuche wiederholt und in jedem Falle das gleiche Ergebnis erzielt. Ein abweichendes Verhalten eines der 5 verschiedenen Stämme konnte nicht beobachtet werden. Es lag nun nahe zu versuchen, ob sich durch eine Steigerung der Dosen etwa eine Abtötung erzielen läßt. In Anbetracht der geringen Penetrationsfähigkeit der UV-Strahlen wurde jeweils nur eine dünne Aufschwemmung von Gonokokken in Aqua dest. vorsichtig und ohne die Oberfläche des Nährbodens zu verletzen ausgestrichen. Zur Erhöhung der Dosis wurde noch bis auf 50 cm Abstand herangegangen, wo erst nach 2 Stunden Bestrahlungszeit eine Temperatursteigerung von 3^0 festgestellt werden konnte. Die Dosen wurden zuerst verzettelt verabeicht, indem zuerst 2 mal 30 Minuten und in einem späteren Versuch 3 mal 30 Minuten mit einem Intervall von je 2 Stunden bestrahlt wurde. Während des Intervalls befanden sich die Schalen jeweils im Brutschrank. 2 weitere Versuche wurden mit einer einmaligen Expositionszeit von 120 Minuten vorgenommen. Mit einer einzigen Ausnahme zeigten alle Kulturen nur ein stark gehemmtes Wachstum. Dieser eine Stamm zeigte bei

einer Belichtungszeit von 3 mal 30 Minuten kein Wachstum mehr doch konnte bei einer mehrmaligen Wiederholung des Versuches mi diesem Stamm dasselbe Ergebnis nicht wieder erreicht werden, viel mehr resultierte auch hier stets nur eine starke Hemmung. Biologi sche und morphologische Veränderungen konnten an den gehemmte Teilen der Kulturen nicht erkannt werden.

Eine kurze Tabelle soll noch einmal eine Übersicht über die mi der Quecksilberdampflampe angestellten Versuche vermitteln.

Abstand	Zeit	Ergebnis	Bemerkungen
100 cm	1′	keine Hemmung	
100 cm	5′	schwache Hemmung	
100 cm	10′	deutliche Hemmung	
100 cm	20′	starke Hemmung	
100 cm	30′	starke Hemmung	
50 cm	2x30′	starke Hemmung	2 Stunden Intervall
50 cm	3x30′	starke Hemmung	dto.
50 cm	120′	starke Hemmung	Temperatur 26—29°

Röntgen- strahlen hart und mittelhart)

Weitere Versuche sollten endlich mit Röntgen- und Radium strahlen unternommen werden. Zunächst wurde mit harter und mi telharter Strahlung begonnen. Es wurde diese erreicht mit einer Tiefentherapierohr. Für die erste Bestrahlungsserie waren desse elektrische Daten folgende: Spannung 190 kV Gleichstrom, Röhrer strom 8 mA. Eine Filterung wurde nicht vorgenommen. Der Focu Oberflächenabstand betrug 32 cm, der Strahlenkegel war durch eine 10/15 cm Tubus gegeben. Unter den genannten Bedingungen w die HED in 6,8 Minuten erreicht. Mit dieser Apparatur wurde Bestrahlungen von 5 bis 25 Minuten vorgenommen, doch ohne jede sichtbaren Erfolg. Ein erneuter Versuch wurde unter folgende Bedingungen unternommen: Spannung 150 kV bei 6 mA Röhrer strom. Focusabstand 40 cm, Strahlenkegel ist durch einen 10/15 c Tubus bestimmt. Die Bestrahlungszeiten wurden bis zu 45 Minut gesteigert doch mit dem gleichen Erfolg, wie oben.

Nicht anders fiel das Ergebnis aus bei Versuchen, die nunmel

mit Radium unternommen wurden. Hier wurde, um das 30 mg schwere Präparat möglichst nahe an die Kultur heranzubringen, eine Zellophanhaut in einem Abstand von 3 mm über dem Nährboden ausgespannt, auf die dann die Kapsel zu liegen kam. Die γ Strahlen des Präparats wirkten dann während der gesamten Wachstumszeit, also während 24 Stunden, in diesem Abstand ein, ohne daß sich irgend eine Veränderung unter dem Präparat erkennen ließ. Radium-strahlen

Nachdem nun schon vielfach (Gärtner, Schepmann-Flecke, Trillat u. a. (13, 25, 31)) auf die Bedeutung der weichen Röntgenstrahlen für Bakterizidieversuche hingewiesen wurde, mußte, um zu einem Erfolg zu gelangen, zu weicher Röntgenstrahlung gegriffen werden. Zunächst wurde noch ein Versuch mit einer Chaoul'schen Apparatur unternommen, die unter folgenden Bedingungen arbeitete: Spannung 58,5 kV bei 3 mA Belastung. Es enttäuschte nicht, daß auch hier bei einer Dosis von 11 000 R keine Wirkung beobachtet werden konnte, da das Eigenfilter der Röhre genügte, um die ganz weiche Strahlenkomponente zu absorbieren. Röntgen-strahlen (weich)

Um diese Komponente zu erhalten, wurde zunächst zu den folgenden Versuchen ein Rohr der Phönix Werke benützt, das mit einem Lindemannfenster ausgerüstet war. Die Röhre wurde an einem für vorliegende Zwecke umgeschalteten Radio-Silex Gerät von Koch und Sterzel betrieben. Röhrenstrom und Spannung waren 4,5 mA und 50 kV. Der Focus-Kulturabstand betrug 40 cm. Zur Heranziehung der Sekundärstrahlen wurden die Schalen bei allen folgenden Versuchen auf einen etwa 10 cm dicken Wachsblock gelegt, der eine dem menschlichen Organismus entsprechende Sekundärstrahlung ergibt. Bei einer Temperatur von 25° wurden in steigenden Zeiten von 1 Minute bis 15 Minuten die Platten bestrahlt. Auch in diesem Falle konnte erst bei einer Belichtungszeit von 15 Minuten eine geringe Hemmung festgestellt werden.

Die nunmehr folgenden Versuche wurden an einer Dofoc-Weichstrahlröhre mit Lindemann-Fenster der Siemens-Reiniger Werke unternommen. Das Rohr arbeitete bei einer Spannung von 30 kV (Vollweggleichrichtung mit rotierendem Gleichrichterkreuz) mit 3,5 mA Belastung.

Da die vorliegende Arbeit noch nicht auf quantitative Zusammenhänge ausgeht, so verzichten wir hier wegen der verhältnismäßig großen grundsätzlichen Schwierigkeiten bei so weicher Strahlung auf exakte Dosisangaben und beschränken uns darauf die stets eindeutig zu reproduzierenden Bestrahlungsbedingungen anzugeben.

Die unter oben genannten Bedingungen erfolgten Bestrahlungszeiten von 5, 10 und 20 Minuten in einem Abstand von 20 cm zeigten noch keinerlei sichtbare Wirkung. Eine 2. Serie wurde zur Erhöhung der Dosis in 12 cm Entfernung gebracht. Erst bei einer Be-

strahlungszeit von 20 Minuten wurde dabei eine deutliche Hemmung beobachtet, während bei 30 Minuten Expositionszeit sich in keinem Falle mehr ein Wachstum nachweisen ließ.

Übersichtshalber folgt nun noch eine tabellarische Zusammenstellung der vorgenommenen weichen Röntgenbestrahlungen.

Belastung	Spannung	Zeit	Abstand	Ergebnis
4,5 mA	50 kV	1′	40 cm	keine Hemmung
4,5 mA	50 kV	15′	40 cm	keine Hemmung
3,5 mA	30 kV	5′	20 cm	keine Hemmung
3,5 mA	30 kV	20′	20 cm	keine Hemmung
3,5 mA	30 kV	20′	12 cm	Hemmung
3,5 mA	30 kV	30′	12 cm	kein Wachstum

Sämtliche in der Tabelle aufgeführten Bestrahlungen wurden ohne Filter mit Lindemannfenster vorgenommen.

c) Besprechung der Ergebnisse.

Bei der Feststellung der Strahlenwirkung müssen wir uns zunächst darüber im klaren sein, daß wir nicht nur die Gonokokken als biologisch unbekannte Größen vor uns haben, sondern daß auch ihr Kulturboden chemisch eine überaus komplizierte Größe darstellt. Die Einwirkung der Strahlen ist nur am Zurückbleiben der Kolonien und an ihrem eventuellen Absterben — also einer ganz subjektiven Beurteilung — zu erkennen, während wir weit davon entfernt sind auch nur annähernd scharf genug Stoffwechseländerungen zu erkennen. All dies erhöht natürlich die Zahl der Versuchsfehlermöglichkeiten ganz ungemein. Zwischen die ablesbaren Reaktionen und die Primärvorgänge sind so viele nicht feststellbare Zwischenreaktionen eingeschoben, daß im Experiment nur Gesetzmäßigkeiten höherer Ordnung zwischen eingestrahlter Energie und biologischer Reaktion gegeben sind.

Die Arbeit sollte lediglich orientierenden Charakter tragen. Es wurden daher nur Angaben gemacht, die eine Reproduktion der Versuche ermöglichen, aber es wurde auf eine genaue Dosimetrie verzichtet, die namentlich beim optischen Licht einen nicht lohnenden Zeit- und Materialaufwand erfordert hätte. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß Gonokokken trotz ihrer großen sonstigen Labilität

gegen Lichtstrahlen außerordentlich resistent sind. Im Gegensatz zu zahlreichen anderen Bakterienarten (32) konnte eine Empfindlichkeit gegen Strahlen des sichtbaren Lichts, namentlich auch gegen Sonnenstrahlen, auch bei Anwendung recht beträchtlicher Dosen überhaupt nicht festgestellt werden. Lediglich die Bestrahlung mit Bogenlicht ergab ein, wenn auch nicht ganz sicheres Ergebnis, das möglicherweise der kurzwelligeren Komponente ihres Lichts zuzuschreiben ist.

Einen spezifischen Einfluß hat nach den vorliegenden Untersuchungen die Wellenlänge. Während mit sichtbaren Strahlen eine Wirkung kaum erzielt werden konnte, wurde auf verhältnismäßig geringe UV-Dosen hin eine deutliche Schädigung erreicht. Eine völlige Abtötung konnte allerdings erst mit verhältnismäßig hohen Dosen weicher Röntgenstrahlung herbeigeführt werden. Bei der Röntgenstrahlung erwiesen sich also weiche Strahlen mit größerer Wellenlänge als bedeutend wirksamer, als harte Strahlen mit kleiner Wellenlänge. Zur Untersuchung der Wirkung der Röntgenstrahlen ist also nicht allein die Dosis festzustellen, die zur Erzielung eines biologischen Effektes notwendig ist, sondern es müssen ebenfalls Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen Wellenlängen bei ähnlichen Dosen vorgenommen werden. Mit harten Strahlen und mit den γ-Strahlen des Radiums konnte ein Effekt überhaupt nicht erzielt werden. Veränderungen der biologischen Funktionen durch Bestrahlungen konnten nicht festgestellt werden.

Wie weit diese Ergebnisse für die Therapie auswertbar sind, ist unsicher. Zwar liegen die wirksamen UV-Dosen ebenso wie die der weichen Röntgenstrahlen im Kulturexperiment weit über der ertragbaren Hautdosis, doch lehren uns u. a. die lichttherapeutischen Erfolge, daß es keineswegs angeht, diese Verhältnisse mit denen im lebenden Organismus gleichzusetzen.

Außerdem wäre bei den zahlreichen Hinweisen in ähnlichen Arbeiten auf eine starke Erhöhung der Empfindlichkeit bei steigender Temperatur im Zusammenwirken mit der noch in Entwicklung begriffenen Kurzwellenbehandlung ein weiterer therapeutischer Ausblick gegeben.

Die Arbeit wurde an der Universitäts-Frauenklinik Erlangen durchgeführt. Meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Dr. Wintz möchte ich an dieser Stelle für sein weitgehendes förderndes Interesse und die bereitwillige Zurverfügungstellung der Apparaturen und Mittel der Anstalt meinen aufrichtigsten Dank aussprechen. Mein Dank gebührt ferner Herrn Direktor Anderlohr für sein freundliches Entgegenkommen bei der Beschaffung einer Versuchsröhre.

1. Bie: Mitt. a. d. Finsen Lichtinst. Bd. 1. S. 40.
2. N. Bohr: Abhandlungen über den Atombau aus dem Jahr 1913—1916, Braunschweig 1921; Über die Quantentheorie der Linienspektren. Braunschweig 1923.
3. Bovie: Chem. Ztg. p. 1486 (1913).
4. Bucura: Veit Stoeckel Handb. d. Gynäkol. Bd. VIII/3 S. 172 (1934).
5. Cohn u. Levy-Dorn: Strahlenther. 27, S. 746.
6. Downes und Blunt: Resarches on the effect of light upon bacteria and other organism. Proc. of Royal soc. London Vol. 26, 1877.
7. Debye und Raum: Grundlagen der Strahlenphysik in: „Die Welt der Strahlen". S. 51 (1936).
8. Draper: C. r. 19, 195 (1841) u. 26, 470 (1845).
9. J. Eggert: Lehrb. d. physik. Chemie 1931, 538.
10. Flaskamp: Strahlenther. 32, S. 672.
11. Grotthus: Gilberts Ann. 61, 50 (1817).
12. Hackradt, Strahlenther. Bd. 10, 11, 12.
13. Klövekorn Gärtner: Strahlenther. 23, S. 148.
14. Korb: Radiol. Rundschau S. 120 (1933).
15. Krause: siehe Strahlenther. 9, S. 128.
16. Kuznitzky: Strahlenther. 9, S. 624.
17. Larsen: Mitt. a. d. Finsen Lichtinst. Bd. 1 (1900).
Haben die verschiedenen Bakterienarten dieselbe Widerstandskraft dem Licht gegenüber?
18. Lind: The chemical effects of a particles and electrons 1928.
19. Monacelli: Giorn ital. Dermat. 73. S. 386.
20. Meader F. M.: Zbl. f. Hygiene Bd. 15, S. 8 (1927).
21. Olivi: Zbl. f. Hygiene Bd. 6. S. 109 (1924).
22. Pauli und Sulger: Strahlenther. 29, S. 128.
23. L. Pincussen: Ergebnisse der Physiologie 19, 79.
24. M. Planck: Ann. Physik, 4, S. 566.
25. Schepmann-Flecke: Kl. Wschr. 1926, S. 1608.
26. Schneider: Kl. Wschr. 1926, S. 97.
27. Solignac: Zbl. f. Radiol. Bd. 8, S. 501.
28. Schönhof: Arch. f. Dermat. 142, 380 (1923).
29. Spiegel-Adolf: Biochem. Zschr. 186, 181 (1927).
30. O. Stern u. F. Volmer: Zschr. Photogr. 19, 225 (1920).
31. Trillat: Annal. de l' inst, Pasteur 1927, 41 Nr. 6.
32. Winterstein: Strahlenther. 39, S. 619.

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm Weber, bin am 24. Dezember 1911 in Nürnberg geboren. Nach Besuch der dortigen Volksschule und des Humanistischen Gymnasiums legte ich im März 1932 die Reifeprüfung ab. Meinen naturwissenschaftlichen Neigungen zufolge wählte ich das Studium der Medizin, das ich im Mai 1932 an der Universität Erlangen begann. Nach 5 Semestern legte ich dort die ärztliche Vorprüfung und nach weiteren 6 Semestern das ärztliche Staatsexamen ab. Mein praktisches Jahr begann ich an der Universitätsfrauenklinik zu Erlangen.